**MODUL 2**

# INTALSI LISTRIK DAN PENERANGAN GEDUNG

## (Mata Kuliah Utilitas Bangunan Gedung)

**Disusun Oleh :**

**UDI RAHARJO**

**PRORAM STUDI KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL POLITEKNIK NEGERI BANDUNG**

**2019-2020**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dan terima kasih atas karunia-Nya sehingga dapat diselesaikan penyusunan **modul instalasi listrik dan penerangan** pada gedung sebagai bagian dari mata kuliah utilitas bangunan gedung. Modul ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam proses pembelajaran pada mata kuliah alat berat sehingga tercapai target indikator hasil yang telah ditetapkan.

Saat ini banyak informasi tentang ilmu pengetahuan dan teknologi di internet, termasuk tentang intalasi listrik dan penerangan untuk bangunan gedung. Untuk mempelajari instalasi listrik dan penerangan sebagai bagian dari mata kuliah utilitas bangunan gedung bagi mahasiswa yang belum mempunyai pengalaman kerja perlu diarahkan sesuai tahapan sehingga mudah memahami. Modul ini disusun untuk Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung, bantuan berupa informasi kompetensi mahasiswa yang diharapkan dan pengarahan dari jurusan teknik sipil Politeknik Negeri Bandung sangat membantu dalam penyusunan modul ini, untuk itu kami ucapkan terima kasih kepada :

1. Ketua Jurusan Teknik Sipil.
2. Ketua Program Studi D3 Teknik Konstruksi Sipil
3. Ketua KBK Manajemen Konstruksi.

Semoga modul ini bermanfaat bagi pembaca dan khususnya bagi mahasiswa yang sedang mengambil mata kuliah alat berat.

**Penyusun**

**Udi Raharjo**

**DAFTAR ISI**

# I. PENDAHULUAN

Berasal dari kata utility yang berarti penggunaan atau keperluan. Secara Arsitektural Utilitas berarti sistim penempatan jaringan distribusi suatu bangunan atau pemanfaatan instalasi bangunan. Suatu bangunan yang didirikan dan dirancang oleh tenaga profesional seperti arsitek maupun orang awam, pada akhirnya akan dihuni dan dinikmati. Untuk dapat berfungsi dengan baik suatu bangunan harus dilengkapi dengan system utilitas atau building utility. Dengan berkembangnya teknologi yang semakin pesat, maka factor kenyamanan dalam bangunan dan lingkungan menjadi syarat mutlak untuk kelangsungan penghunian suatu lingkungan/bangunan

Sistem utilitas bangunan selanjutnya yang harus dirancang dengan cermat, yaitu perancangan daya listrik atau pencahayaan. Perancang bangunan perlu menentukan peletakan titik-titik pencahayaan, elektrikal, dan mekanikal yang tepat sesuai dengan kebutuhan penghuni gedung. Definisi tepat yang dimaksud, yaitu cahaya yang dihasilkan harus menyebar secara efektif dan efisien ke setiap sudut ruangan. Sistem ini tidak hanya bergantung kepada keberadaan lampu saja, tetapi juga kepada pengaturan masuk cahaya alami seperti sinar matahari. Dengan adanya pengaturan masuk cahaya alami, bangunan yang memerlukan banyak lampu bisa lebih hemat energi listrik pada siang hari.

Alhasil biaya operasional bangunan bisa ditekan sedemikian rupa sehingga pengeluaran lebih efektif dan efisien. Selain itu, sistem daya listrik ini juga meliputi instalasi pemasangan stop kontak, saklar lampu, sekring listrik, ground penangkal petir dan sebagainya. Adapun sumber daya listriknya biasanya menggunakan generator untuk menghindari pemadaman yang dilakukan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Generator yang digunakan tentunya harus sesuai dengan daya listrik yang dibutuhkan oleh penghuni bangunan.

## 1.1 Tujuan Umum Pembelajaran

Setelah selesai mempelajari modul ini diharapkan mahasiswa dapat mengerti system instalasi listrik, penerangan dan konversi energy listrik pada gedung.

## 1.2 Kemampuan Prasyarat

Sebelum mempelajari kelistrikan, penerangan dan konversi energy mahasiswa telah memahami tentang fisika bangunan gedung, gambar bangunan gedung dan pelaksanaan bangunan gedung.

# I. INSTALASI LISTRIK PADA GEDUNG

## 1.3 Tujuan Khusus Pebelajaran

a. Mahasiswa dapat mengetahui instalasi listrik secara keseluruhan.
b. Mahasiswa dapat menjelaskan bagian-bagian dari instalasi listrik.
c. Mahasiswa dapat memahami prinsip perhitungan beban listrik.
d. Mahasiswa dapat memahami perhitungan  besarnya daya listrik yang harus disediakan.
e. Mahasiswa dapat menjelaskan langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan instalasi listrik.

## 1.4 Instalasi Listrik

Ruang lingkup pekerjaan elektrikal dalam suatu gedung adalah menyangkut persediaan sarana distribusi listrik tegangan rendah dari panel utama tegangan rendah  (Low Voltage Distribution Panel) ke panel sub distribusi hingga peralatan atau accesories. Dalam gedung yang lebih besar lagi, ruang lingkup elektrikal dari suatu gedung juga menyangkut pengubahan tegangan menengah PLN (20 ribu volt) menjadi tegangan rendah. Pada gedung ini tegangan listrik didistribusikan dari saluran tegangan menengah melalui trafo menjadi saluran tegangan rendah 3 fase R,S,T, dimana tegangan antar fase 380 volt, dan 220 pada jalur netral.

Sumber daya / tegangan Sumber daya utama / sumber tgangan listrik dari gedung biasanya menggunakan sumber dari PLN. Disamping PLN, maka gedung juga menyediakan sumber tegangan cadangan (emergency) jika terjadi pemadaman atau PLN mati, yaitu dengan menyediakan Genset (Generator Set). Genset biasanya dioperasikan jika ada gangguan atau pemadaman dari PLN, dan umumnya telah diset sedemikian rupa sehingga ketika PLN mati maka dengan otomatis tegangan disuplay dari genset, yang telah di set secara otomatis, dengan interval waktu hitungan detik.

Distribusi daya Tegangan yang dibutuhkan oleh gedung adalah tegangan rendah. Sedang (untuk daya yang lebih besar) tegangan yang masuk dari PLN adalah tegangan menengah (20ribu volt). Sehingga diperlukan peralatan pengubahan dari tegangan menengah ke tegangan rendah. Aliran tegangan menengah diubah menjadi tegangan rendah melalui trafo, yang kemudian didistribusikan melalui panel distribusi utama tegangan rendah atau LVMDP (Low

voltage main distribution panel). Dari panel tegangan rendah ini kemudian disitribusikan ke panel sub distribusi (atau disebut jua dengan panel MDP (main distrubution paanel) atau ada juga yang menyebut panel SDP (sub distribution panel) dan seterusnya ke panel peralatan hingga outlet pemakai (stop kontak, lampu dan lainlain).

Genset (Generator Set) Sumber energi listrik dari selain PLN berasal dari unit Generator Set (genset). Generator Set (genset) berfungsi sebagai pensuplai daya listrik cadangan yang dapat bekerja apabila daya listrik utama dari PLN terputus. Genset ini terhubung dan dikontrol dengan Panel Kontrol Genset (PKG). PKG terhubung dengan unit Panel Utama Tegangan Rendah (LVMDP). PKG akan menghidupkan genset dan mensuplai tegangan ke LVMDP bilamana terjadi gangguan pada sumber PLN, sehingga akan memberikan pelayanan yang kontinyu terhadap ketersediaan sumber tenaga listrik dan diharapkan dengan sistem tersebut kehandalan sistem energi listrik akan terpenuhi e. Panel Utama Tegangan Rendah Panel Utama Tegangan Rendah atau Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP) berfungsi menerima daya listrik dari transformer atau genset/pkg untuk selanjutnya didistribusikan ke panel-panel distribusi tegangan rendah. LVMDP ini menerima daya listrik dari Trafo atau PKG. Pembagian distribusi listrik ke panel-panel distribusi tegangan rendah dari outgoing LVMDP menuju ke panel adalah sebagai berikut :Panel Sub Distribusi menggunakan jenis kabel NYY yang selanjutnya mendistribusikan menuju panel distribusi.

Panel Distribusi Fungsi dari panel-panel distribusi ini antara lain : Mendistribusikan daya listrik sesuai kebutuhan ( penerangan & stop kontak). Mendistribusikan daya listrik ke panel kontrol pompa, AC, elektronik, dll Mendistribusikan daya listrik ke mesin-mesin penunjang produksi. Kabel yang digunakan untuk instalasi penerangan dan stop kontak adalah jenis kabel NYA, sedangkan kabel yang digunakan untuk power (pompa, lift, dll) adalah jenis kabel NYY, untuk jenis kabel khusus seperti yang digunakan pada electric pump pada pompa pemadam kebakaran menggunakan jenis kabel FRC (Fire Resistance Cable)

Pada intinya hampir semua peralatan pada gedung membutuhkan tenaga listrik.
Pembebanan listrik mencakup :

a. Penerangan / lampu

b. stop kontak utk peralatan rmh tangga dan motor-2 kecil (mis. Utk setrika, pompa air dll)

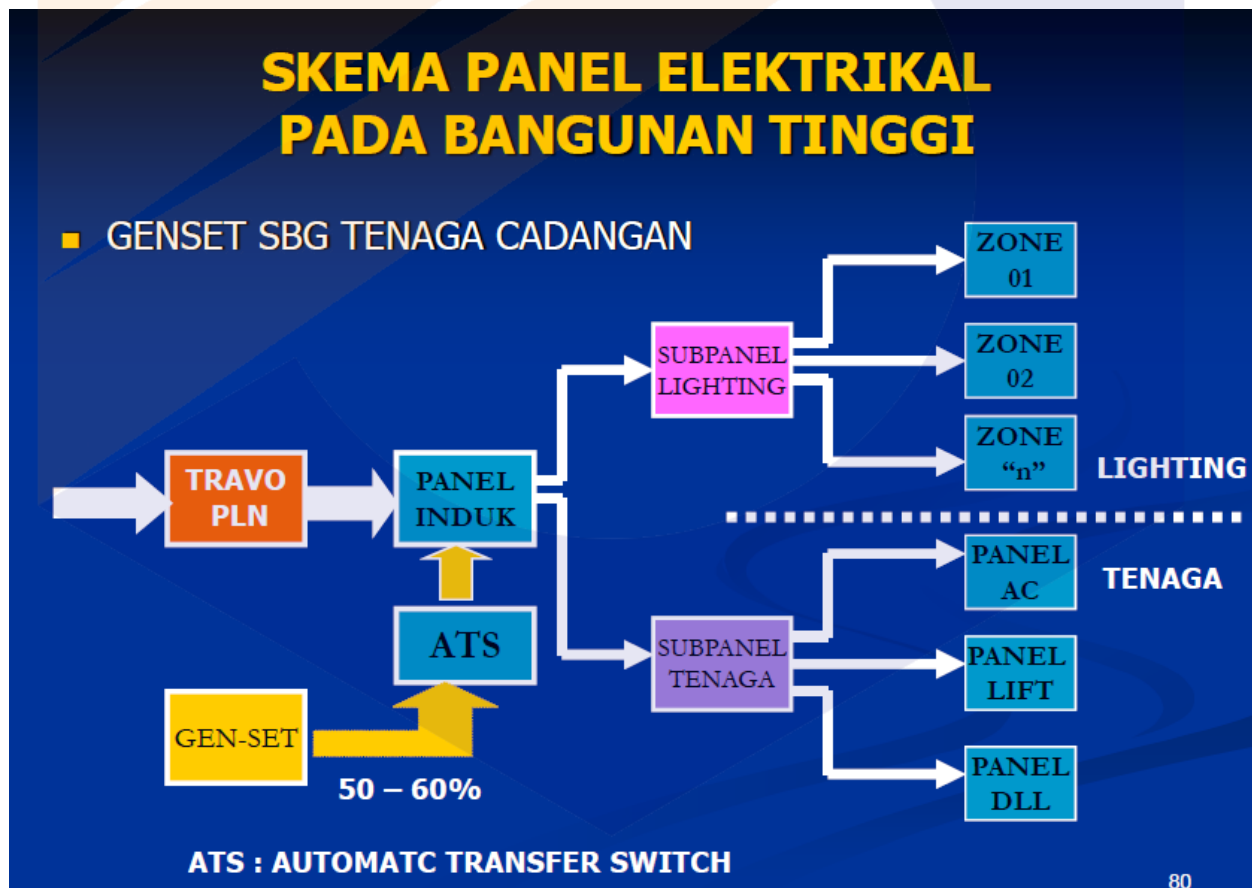
c. Peralatan HVAC (heating, ventilating, air conditioning)

d. Peralatan plumbing dan sanitasi (pompa-2 besar, pressure tank, boozterpumps dsb)

e. Alat transportasi vertikal (lift, escalator dll)

f. Peralatan dapur ( kompor listrik, cooker hood, rice cooker dsb)

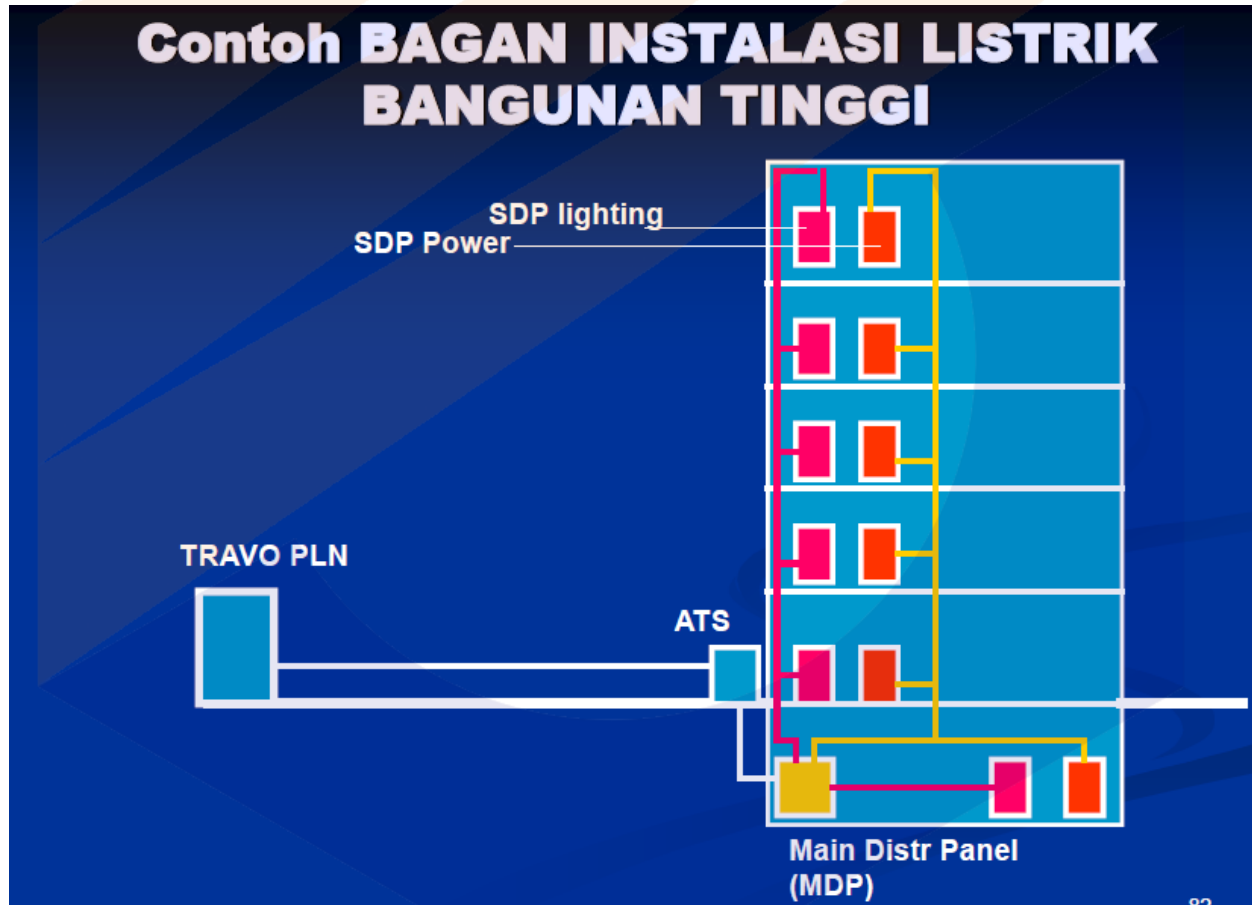
g. Peralatan-2 khusus, mis: peralatan medis, alat lab dsb)

h. Dari alat-2 yang ada tersebut, prinsip pembebanan listrik pada bangunan harus dpisahkan sbb

Gambar 1: Skema Panel Elektrikal pada Bangunan Tinggi

## 2.3 Prinsip Perletakan Panel

a. Listrik dari PLN diterima panel induk dan didistribusikan ke Setiap lapis lantai bangunan, minimal harus ada 1 (satu) sub panel penerangan.

b. Apabila luas setiap lantai sangat besar, perlu dipasang beberapa sub panel penerangan.

c. Setiap jenis peralatan mekanikal harus dipasang panel/sub panel tenaga yang terpisah dengan sub panel penerangan.

**Gambar 2 : Bagan Instalasi Listrik Bangunan Tinggi**

## 2.4 Daya Listrik Darurat

Sistem daya darurat (emergency power system) terdiri dari sistem daya pasokan khusus (essential) dan pasokan daya kritis (critical). Pasokan daya normal merupakan pasokan daya yang digunakan pada saat kondisi operasi normal. Pasokan normal diperoleh dari pusat

pembangkit daya utama melalui sistem distribusi nya. Pada operasi normal semua pengguna menerima daya baik secara langsung ataupun tidak langsung, misalnya melalui trafo penurun tegangan, UPS atau penyearah dan pasokan daya normal lainnya. Pasokan daya khusus merupakan pasokan daya yang digunakan ketika pasokan daya normal tidak tersedia, dan diperoleh dari pembangkit darurat. Pengguna daya khusus pada fasilitas yang tidak mempunyai generator darurat dipasok dari pasokan daya khusus dari fasilitas yang berdekatan.
Pengguna daya khusus, biasanya diperlukan untuk sistem penunjang kegiatan kehidupan seperti keselamatan manusia dan peralatan, penghentian operasi (shutdown) peralatan secara aman dan terkontrol dan untuk operasi awal (black start-up) dari fasilitas. Pengguna khusus harus mempunyai ketahanan terhadap pemutusan pasokan yang singkat tanpa mempunyai pengaruh negatif terhadap sistem. Daftar lengkap pengguna khusus seperti diperlihatkan uraian berikutnya.

Proses pemulihan setelah pemadaman total (electrical black start) merupakan prosedur yang diterapkan untuk memulihkan daya normal secara aman dan terkontrol, ketika terjadi kehilangan daya AC ke seluruh fasilitas kilang.

Pasokan daya kritis diperoleh dari batere penyimpan yang didistribusikan ke beban kritis baik sebagai UPS AC maupun UPS DC dari sistem UPS. Fungsi pasokan daya kritis adalah menyediakan pasokan daya yang paling andal untuk pengguna kritis. Beban pengguna kritis merupakan beban-beban yang diperlukan untuk pengoperasian sistem keselamatan dan membantu mengarahkan jalan penyelamatan diri dari anjungan (platform) atau kilang. Pengguna daya listrik kritis tidak dapat menerima adanya pemutusan pasokan daya, meskipun untuk waktu yang sangat singkat. Pengguna kritis biasanya terdiri dari sistem ESD (emergency shutdown) dan PCS, sistem telekomunikasi, sistem kontrol, sistem kontrol listrik, dan unit control panel (UCP). Perhatikan daftar pengguna kritis pada penjelasan pasokan daya khusus

Waktu autonomi (autonomy time) merupakan waktu perkiraan di mana daya kritis dirancang untuk tetap beroperasi secara bebas dari pasokan daya khusus. Waktu autnomi dapat diterapkan untuk suatu pasokan daya kritis secara keseluruhan, atau dapat diterapkan untuk pengguna kritis

individu. Waktu autonomi akan menjadi minimum sesuai dengan persyaratan statutory dan persyaratan yang didefinisikan pada pilosofi instrumen dan telekomunikasi.

Daya listrik darurat harus diterapkan pada system :

a. Yang menyangkut keselamatan manusia
    1. Sistem deteksi kebakaran
    2. Fan smoke vestibule
    3. Pompa kebakaran
    4. Sistem kokmunikasi utk evakuasi
    5. BMS (building management system)
b. Lampu penerangan 50-60%
c. Power outlets (stop kontak) 100%
d. Sebagian sistem tata udara (lift kebakaran, fire escape dll)
e. Lift kebakaran
f. Sebagian lift penumpang

## 2.5 Tahapan dan metoda pelaksanaan pekerjaan instalasi listrik

Listrik merupakan kebutuhan utama yang sangat di butuhkan oleh semua orang di seluruh dunia. Tidak ada listrik tentunya tidak akan ada kehidupan di dunia. Listrik sangat bermanfaat dan sangat dibutuhkan. Untuk mendapatkan listrik tentunya kita harus mendaftarkan diri terlebih dahulu ke PLN yang nantinya akan membantu anda dalam pemasangan listrik baru. Untuk mendapatkan listrik baru tentunya di butuhkan jasa instalasi listrik yang bisa membantu anda dalam pemasangan listrik baik itu untuk listrik gedung atau rumah.

### 2.5.1 Tahapan Instalasi Listrik Gedung dan Rumah

Biasanya, jasa instalasi listrik memiliki tahapan-tahapan yang tentunya harus di utamakan, baik itu untuk pemasangan listrik gedunga atau rumah. Semua harus memiliki prosedur yang berlaku berikut tahapan-tahapan yang biasa di dahulukan bagi jasa instalasi listrik :

**1. Tahapan pemasangan untuk rumah**

a. Perizinan terlebih dahulu kepada PLN
b. Penentuan pembagian Box MCB
c. Penarikan kabel dari Main Fuse Box ke MCB-MCB
d. Pemasangan grounding dan anti petir
e. Pemasangan stop kontak, light switch
f. Pemasangan COS
g. Stabilizer

**2. Tahapan pemasangan untuk gedung bertingkat**

a. Perizinan dari PLN
b. Pemasangan Garu PLN
c. Pembagian Box MCB
d. Penarikan kabel dari Main Fuse Box ke MCB-MCB
e. Pemasangan sistem Auto
f. Pemasangan sistem Pendinginan.
g. Pemasangan Panel kontrol pusat.
h. Pemasangan grounding dan anti petir.
i. Pemasangan stop kontak, light switch.
j. Pemasangan COS
k. Stabilizer

Mekanik jasa instalasi listrik haruslah berpengalaman dan mengetahui bagian-bagian dari instalasi listrik. Dengan begitu, akan sangat mudah dalam pemasangan dan yang utama terhindar masalah yang berbahaya.

**2.5.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Instlasi Listrik (Penerangan dan Daya)**

**a.** **Lingkup Pekerjaan** Melakukan Pembobokan dinding, memasang pipa konduit, pemasangan kabel, pemasangan fitting dan lampu, perapihan, pemasangan daya utama, dan pengujian.

**b. Persiapan Pekerjaan**

1. Mengirim program kerja (workplan) termasuk metoda kerja, schedule, perlatan, personil kerja dan gambar kerja yang akan digunakan, untuk memperoleh persetujuan dari Konsultan sebelum pekerjaan
2. Memberitahu Konsultan secara tertulis paling sedikit 24 jam sebelum tanggal dilakukannya pelaksanaan pekerjaan
3. Pekerjaan bobokan dinding
4. Pekerjaan pasangan pipa konduit
5. Pekerjaan wireing
6. Pekerjaan Instalasi komponen penerangan
7. Pekerjaan Instalasi Panel

**c. Metode Pelaksanaan**

Berikut langkah-langkah dalam pekerjaan instalasi elektrikal arus kuat.

1. Kabel vetical ditanam pada dinding dengan perlindungan pipa conduit yang mana pipa conduit ditanam dalam dinding sebelum pekerjaan plesteran, supaya tidak mudah berubah ketika dinding diplester.
2. Kabel horizontal diletakan ditray yang tergantung pada plat lantai atau dengan pipa conduit nyang diklem ke plat lantai dengan jarak 1m.
3. Pekerjaan conduit saklar, stop kotak dan panel dikerjakan sebelum plesteran dan acian dikerjakan agar ada koordinasi antara pekerjaan ME dan finishing jadi halus rapih.
4. Perkerjaan pemasangan fitting dan armature menunggu kabel dites ketahanannya agar tidak terjadi bongkar pasang.
5. Pekerjaan pemasangan fitting, lampu serta komponen lainnya membutuhkan koordinasi antara pekerjaan ME dan pekerjaan plafon.
6. Untuk komponen elektrikal yang tidak dipasangkan di plafon dapat dilakukan dengan persetujuan direksi.
7. Penyambungan sparingan akan dilakukan serapih mungkin dan apabila ada pekerjaan sparingan yang tertinggal akan dilakukan pekerjaan coring.
8. Panel utama dan panel pembagi listrik dipasang pada dinding yang telah ditentukan rata dan tidak miring.

9. Semua pasangan instalasi listrik memiliki arde utama pada panel yang berhubungan dengan Swicth grounding system.
10. Pemasangan arde / grounding sistem harus memenuhi spesifikasi teknis yang diaturkan.
11. Semua kabel yang masuk kedalam panel harus diberi tanda sesuai kegunaannya dan lubang dilindungi karet agar debu tidak dapat masuk. Kabel dia 16mm2 harus diberi sepatu kabel pada panel.
12. Pada pintu bagian dalam dari pada setiap panel dibuatkan diagram instalasinya termasuk daya cadangan yang sudah direncanakan, serta pada komponen mcb di buat notasi/tanda.
13. Tes ketahanan kabel sebesar 2 ohm dan grounding serta fitting dan armature selam -/+ 1 x 24 jam.

**d. Kebutuhan bahan, alat dan tenaga**

**Bahan:**

1. Kabel
2. Pipa Konduit
3. Lampu
4. Fitting
5. Klem Pipa
6. Isolasi
7. Timah
8. Kabel Feeder
9. Kabel T
10. Kabel BC
11. Rak Kabel
12. Fuse/Sekring
13. MCB
14. MCCB
15. Panel Box
16. Paku

**Peralatan:**

1. Bor sekrup
2. Palu

3. Gergaji
4. Kunci Pas / Ring
5. Tespen
6. AVO Meter
7. Solder
8. Tang
9. Obeng (+/-)
10. Crimping Tool Kit
11. Waterpass
12. Alat bantu pertukangan

**Tenaga**

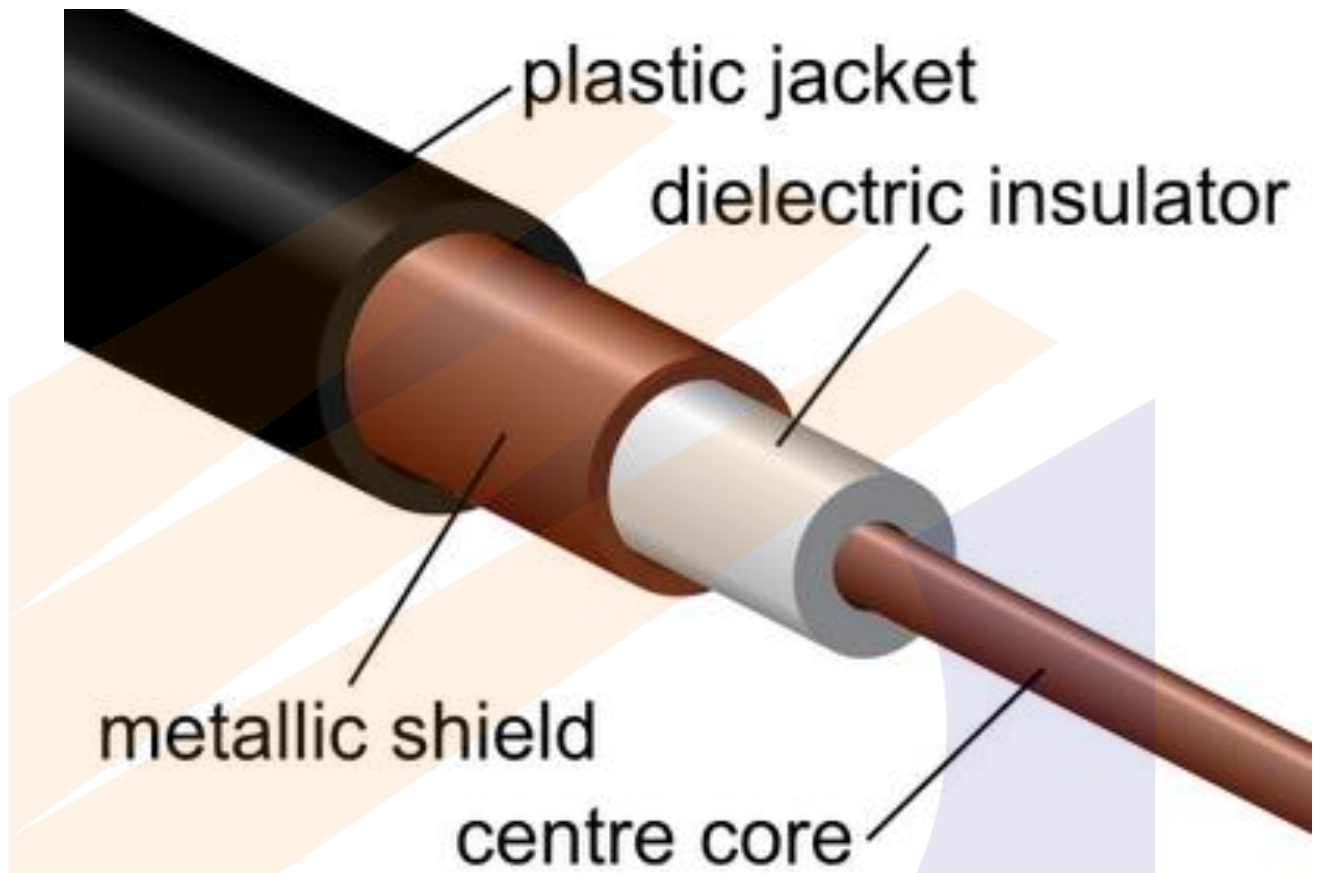
1. Pekerja
2. Tukang Listrik
3. Kepala tukang
4. Mandor

## 2.6 Komponen Instalasi Listrik

### a. Penghantar / kabel

Kabel listrik adalah media untuk menyalurkan energi listrik. Sebuah kabel listrik terdiri dari isolator dan konduktor. Isolator adalah bahan pembungkus kabel yang biasanya terbuat dari karet atau plastik, sedangkan konduktor terbuat dari serabut tembaga atau tembaga pejal.

Kemampuan hantar sebuah kabel listrik ditentukan oleh KHA (kemampuan hantar arus) yang dimilikinya dalam satuan Ampere. Kemampuan hantar arus ditentukan oleh luas penampang konduktor yang berada dalam kabel listrik.

Kawat penghantar digunakan untuk menghubungkan sumber tegangan dengan beban.Kawat penghantar yang baik umumnya terbuat dari logam.Dalam instalasi listrik ada berbagai macam jenis kabel yang digunakan sesuai dengan kebutuhan daya dari kegunaannya.

**Gambar 3 Bagian-bagian kabel**

Tegangan listrik dinyatakan dalam Volt, besar daya yang diterima dinyatakan dalam satuan Watt, yang merupakan perkalian dari :

"Ampere x Volt = Watt"

Pada tegangan 220 Volt dan KHA 10 Ampere, sebuah kabel listrik dapat menyalurkan daya sebesar 220V x 10A = 2200 Watt.

**Macam – macam kabel**

**1. Kabel NYA**

- Digunakan dalam instalasi rumah dan system tenaga. Dalam instalasi rumah digunakan kabel NYA dengan ukuran 1,5 $mm^2$ dan 2,5 $mm^2$. Syarat penandaan dari kabel NYA :
- NYA : berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC, untuk instalasi luar/kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam.Kabel tipe ini umum dipergunakan di perumahan karena harganya yang relatif murah. Lapisan isolasinya

hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air (NYA adalah tipe kabel udara) dan mudah digigit tikus.

- Digunakan dalam instalasi rumah dan system tenaga. Dalam instalasi rumah digunakan kabel NYA dengan ukuran 1,5 mm$^2$ dan 2,5 mm$^2$. Syarat penandaan dari kabel NYA :
- NYA : berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC, untuk instalasi luar/kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam.Kabel tipe ini umum dipergunakan di perumahan karena harganya yang relatif murah. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air (NYA adalah tipe kabel udara) dan mudah digigit tikus.

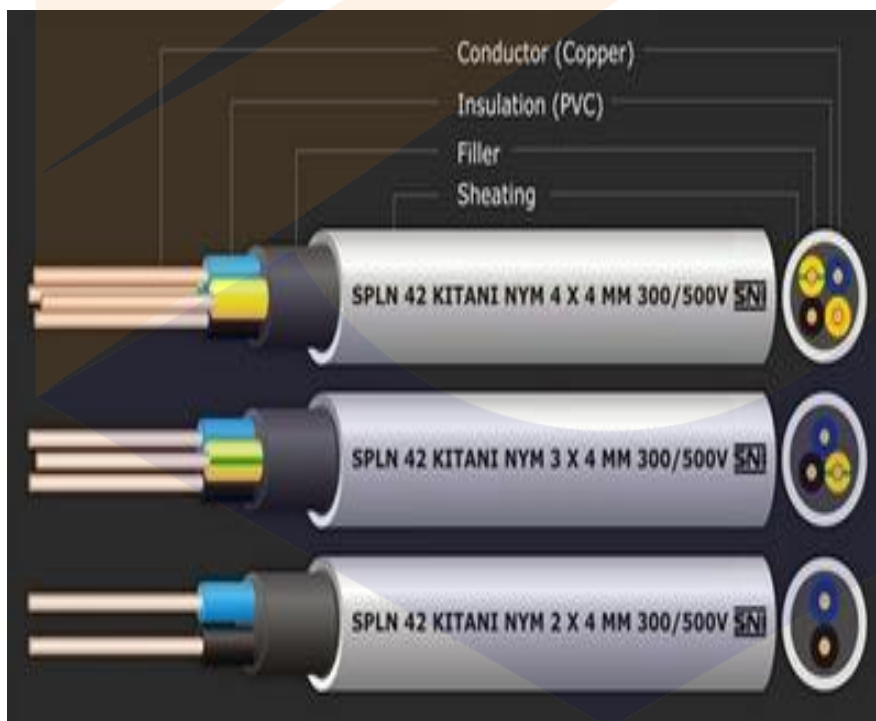
**Gambar 4. Kabel NYA**

Agar aman memakai kabel tipe ini, kabel harus dipasang dalam pipa/conduit jenis PVC atau saluran tertutup. Sehingga tidak mudah menjadi sasaran gigitan tikus, dan apabila ada isolasi yang terkelupas tidak tersentuh langsung oleh orang.

| Huruf kode | Komponen |
|---|---|
| N | Kabel jenis standart dengan penghantar tembaga |
| Y | Isolator PVC |
| A | Kawat berisolasi |
| Re | Penghantar pada bulat |
| Rm | Penghantar bulat berkawat banyak |

## 2. Kabel NYM

Digunakan untuk kabel instalasi listrik rumah atau gedung dan system tenaga. Kabel NYM : memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA).Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh di tanam.

Digunakan untuk kabel instalasi listrik rumah atau gedung dan system tenaga. Kabel NYM : memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA).Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh di tanam.

**Gambar 5 : Kabel NYM**

| Huruf kode | Komponen |
|---|---|
| N | Kabel jenis standart dengan penghantar tembaga |
| Y | Isolator PVC |
| M | Berselubung PVC |
| Re | Penghantar pada bulat |
| Rm | Penghantar bulat berkawat banyak |

Memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4.Kabel NYY dieprgunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah), dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM (harganya lebih mahal dari NYM).Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.

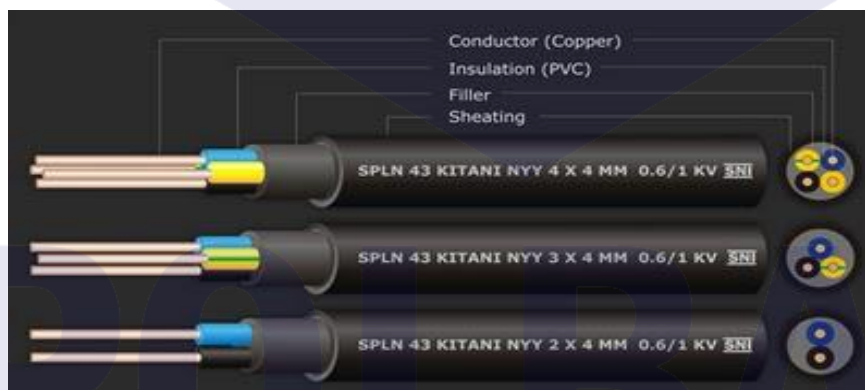
**Tanda kabel / warna**

Merah / Kuning / Hitam = Fasa R, Fasa S, Fasa T

Belang hijau kuning = Ground

Biru = Netral

### 3. KABEL N.Y.Y

Memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYY dieprgunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah), dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM (harganya lebih mahal dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.

**Gambar 6 : Kabel NYY**

**b. Macam – macam saklar**

Saklar merupakan alat untuk menghubungkan dan memutuskan hubungan listrik.Saklar banyak macam dan jenisnya, misalnya untuk kebutuhan instalasi penerangan, instalasi tenaga dan banyak lagi jenisnya, yang sering kita jumpai pada kehidupan sehari – hari dirumah maupun dimana saja. Ada saklar yang dipasang dalam tembok *(inbow)* dan diluar tembok *(out bow).*

Untuk instalasi penerangan umumnya digunakan saklar untuk menyalakan dan mematikan lampu. Saklar menurut fungsinya dibedakan menjadi :

- Saklar kutub satu
- Saklar kutub ganda
- Saklar kutub tiga
- Saklar kelompok
- Saklar seri
- Saklar tukar
- Saklar silang

**c. Macam – macam fitting**

**Fiting langit-langit**

Bisanya digunakan untuk pemasangan lampu yang menggunakan roset yang menempel pada langit-langit (eternity/lainnya).

**Fiting gantung**

Pemasangannya biasanya digabungkan pada fiting langit-langit. Pada bagian atas fiting ini terdapat cincin yang dipakai untuk mengikatkan tali penarik hingga kedudukannya menjadi kuat.

**d. Pipa**

Didalam instalasi listrik banyak sekali dipakai pipa.Pipa digunakan sebagai pelindung kabel atau hantaran darigangguan.Dengan pipa pemasangan hantaran atau kabel lebih rapi. Pipa yang digunakan biasanya jenis pipa union atau bisa juga pipa PVC dengan ukuran 5/8 dlm.

e. **Stop Kontak**

Merupakan tempat untuk mendapatkan sumber tegangan.Tegangan ini diperoleh dari hantaran fasa dan nol yang dihubungkan dengan kontak-kontak stopkontak. Stop kontak dipasang untuk

memudahkan mendapatkan tegangan yang diperlukan bagi peralatan listrik yang dapat dipindahkan.

**f. Klem**

Adalah suatu bahan yang dipakai untuk menahan pipa agar dapat dipasang pada dinding atau langit-langit.Klem ini dibuatdari pelat besi atau plastik dengan ukuran disesuaikan dengan ukuran pipa.jarak pemasangan klem satu dengan lainny maksimal 80 cm.

**g. Kotak Sambung**

Pada saat penyambung kabel pada titik percabangan harus menggunakan kotak sambung. Menurut ketentuan peraturan instalasi yang diijinkan tidak boleh dalam pipa terdapat sambungan,karena dikwatirkan kawat putus dalam pipa.

Macam-macam kotak sambung:

- Kotak sambung cabang dua

  Digunakan untuk menyambung lurus.
- Kotak sambung cabang tiga (T-Dos)

  Digunakan untuk percabangan-percabangan, misalnya terdapat pemakaian saklar, stop kontak.
- Kotak sambung cabang empat (Cross Dos)

  Pemakaian sama dengan T-Dos hanya percabangan bukan tiga tapi empat.

**h. Rol Isolator**

Untuk pemasangan kawat hantaran diatas plafon tanpa menggunakan pipa digunakan rol isolator. Jarak antara rol satu dengan yang lain 50 cm dan antar hantaran jaraknya 5 cm. Rol isolator dibuat dari keramik atau plastic dan kekuatannya disesuaikan dengan besar hantaran dan tegangan kerja untuk kepentingan peletakan besar hantaran dan tegangan kerja untuk kepentingan peletakan hantaran pada instalasi penerangan rumah.

**i. Kotak Sekring**

Kotak sekring merupkan alat yang digunakan membatasi besar arus yang mengalir dalam suatu rangkaian listrik.Fungsinya sebagai pengaman. Apbiladialiri arus melebihi ketetapa maka sekring akan putus, sehingga tidak ada arus yang mengalir dalam rangkaian. Ada dua tipe

sekring yang terdapat dipasaran yaitu sekring patron lebur dan sekring otomat. Keduanya memiliki fungsi yang sama tapi kerja teknis yang berbeda.

**j. MCB (Miniature Circuit Breaker)**

Fungsi MCB adalah untuk pengaman terhadap beban lebih atau hubung singkat.Bila terjadi arus beban lebih atau hubung pendek MCB memutuskan sirkit dari sumber. Komponen untuk mengamankan beban lebih adalah bimetal sedangkanuntuk mengamankan arus hubung pendek adalah electromagnet. Bila terjadi hubung singkat atau arus lebih yang besar maka kumparan magnetic R akan memerintahkan kontak jatuh. Tegangan kerja sampai dengan 440 VAC, MCB dipakai sampai 50 A.

**11. KWH Meter**

Digunakan sebagai pengukur energi listrik. Secara praktisnya KWH meter digunakan untuk mengukur daya terpakai (daya aktif) yang digunakan dalam pemakaian beban listrik dalam jangka waktu tertentu.

**Syarat-Syarat Instalasi Listrik**

Di samping Persyaratan Umum Instalasi Listrik dan peraturan mengenai kelistrikan yang berlaku, harus diperhatikan pula syarat-syarat dalam pemasangan instalasi listrik, antara lain :

**a) Syarat ekonomis**

Instalasi listik harus dibuat sedemikian rupa sehingga harga keseluruhan dari instalasi itu mulai dari perencanaan, pemasangan dan pemeliharaannya semurah mungkin, kerugian daya listrik harus sekecil mungkin.

**b) Syarat keamanan**

Instalasi listrik harus dibuat sedemikian rupa, sehingga kemungkinan timbul kecelakaan sangat kecil. Aman dalam hal ini berarti tidak membahayakan jiwa manusia dan terjaminnya peralatan dan benda benda disekitarnya dari kerusakan akibat dari adanya gangguan seperti: gangguan hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih dan sebagainya.

**c) Syarat keandalan (kelangsungan kerja)**

Kelangsungan pengaliran arus listrik kepada konsumen harus terjamin secara baik. Jadi instalasi listrik harus direncana sedemikian rupa sehingga kemungkinan terputusnya atau terhentinya aliran listrik adalah sangat kecil.

**Ketentuan yang Terkait**

Di samping Persyaratan Umum Instalasi Listrik ini, harus pula diperhatikan ketentuan yang terkait dengan dokumen berikut :

a. Undang undang no. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.
b. Undang-undang No. 15 tahun 1985 tentang Ketenagalistrikan.
c. Undang-undang No. 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.
d. Peraturan Pemerintah RI No. 10 tahun 1989 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Tenaga Listrik.
e. Peraturan Pemerintah No. 25 tahun 1995 tentang Usaha Penunjang Tenaga Listrik.
f. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 01.P/40/M.PE/1990 tentang Instalasi Ketenagalistrikan.
g. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 02.P/0322/M.PE/1995 tentang Standardisasi, Sertifikasi dan Akreditasi dalam Lingkungan pertambangan dan energi.

# II. PENCAHAYAAN (PENERANGAN) GEDUNG

## 3.1 Tujuan Khusus

**a.** Mahasiswa mengetahui sumber cahaya pada bangunan

**b.** Mahasiswa mengerti system cahaya pada suatu ruang pada gedung

**c.** Mahasiswa dapat memilih jenis lampu yang cocok untuk suatu ruang

**d.** Mahasiswa dapat mengestimasi kebutuhan daya penerangan gedung

## 3.2 Penerangan Gedung

Perkiraan pemakaian energi oleh penerangan adalah 20-45% untuk pemakaian energi total oleh bangunan komersial dan sekitar 3-10% untuk pemakaian energi total oleh *plant* industri. Oleh karena begitu banyaknya penggunaan energy yang digunakan pada pencahayaan sebuah bangunan dan semakin memburuknya kondisi bumi akibat penggunaan energy yang berlebihan maka perlu dilakukan penghematan energy dalam segala aspek kehidupan demi masa depan yang lebih baik lagi. Pencahayaan merupakan salah satu faktor untuk mendapatkan keadaan lingkungan yang aman dan nyaman dan berkaitan erat dengan produktivitas manusia. Pencahayaan yang baik memungkinkan orang dapat melihat objek-objek yang dikerjakannya secara jelas dan cepat.

Di dalam arsitektur pemanfaatan pencahayaan alami selalu menjadi bagian penting yang selalu diperhitungkan dalam perancangan. Pencahayaan alami mampu menciptakan ruangan secara visual. Menurut Lechner perancang yang peka selalu menyadari bahwa apa yang kita lihat merupakan konsekuensi baik dari kualitas rancangan maupun kualitas cahaya yang jatuh ke atasnya. Pencahayaan alami pada ruangan difungsikan untuk memenuhi kebutuhan ruang akan cahaya, dan untuk segi estetika. Kualitas ruang yang tida sesuai dengan fungsi ruangan berakibat pada tidak berjalan dengan baik kegiatan yang ada. Ruang dengan cahaya yang sedikit menyebabkan ruang tersebut menjadi gelap dan dingin. Pencahayaan yang terlalu terang akan meyebabkan silau dan kurang baik bagi mata. Kenyamanan berada pada suatu ruangan dapat diciptakan dari kualitas pencahayaan dalam ruangan tersebut. Untuk memperoleh kenyamanan visual dalam ruangan,pencahayaan dapat dirancang untuk menonjolkan obyek, atau menambah daya tarik khusus dari sudut-sudut ruang.

## 3.3 Sumber Cahaya Pada Bangunan Gedung

Menurut sumber cahayanya pencahayaan pada bangunan dibagi menjadi 2, yaitu :

1. pencahayaan alami
2. pencahayaan buatan.

Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang memanfaatkan sumber cahaya alami yaitu matahari sedangkan pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang memanfaatkan sumber cahaya buatan seperti lampu.

**Pada dasarnya sistem pencahayaan bangunan dapat dikelompokkan menjadi :**

**1. Sistem pencahayaan merata**

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan yang merata di seluruh ruangan, digunakan jika tugas visual yang dilakukan di seluruh tempat dalam ruangan memerlukan tingkat pencahayaan yang sama. Tingkat pencahayaan yang merata diperoleh dengan memasang armatur secara merata langsung maupun tidak langsung di seluruh langitlangit.

**2. Sistem pencahayaan setempat**

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan pada bidang kerja yang tidak merata. Ditempat yang diperlukan untuk melakukan tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi, diberikan cahaya yang lebih banyak dibandingkan dengan sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan mengkonsentrasikan penempatan armatur pada langit-langit di atas tempat tersebut.

**3. Sistem pencahayaan gabungan merata dan setempat.**

Sistem pencahayaan gabungan didapatkan dengan menambah sistem pencahayaan setempat pada sistem pencahayaan merata, dengan armatur yang dipasang di dekat tugas visual.

## 3.4 Warna Cahaya

Lampu yang digunakan sebagai penerangan utama ruangan  tersedia dalam berbagai varian warna.

Varian warna putih lampu

Ada warna lampu :

- ✓ Kuning
- ✓ Crystal Wthite
- ✓ Warm white
- ✓ Cool white
- ✓ Daylight
- ✓ dll

### 3.5 Cahaya dan frekuensi cahaya

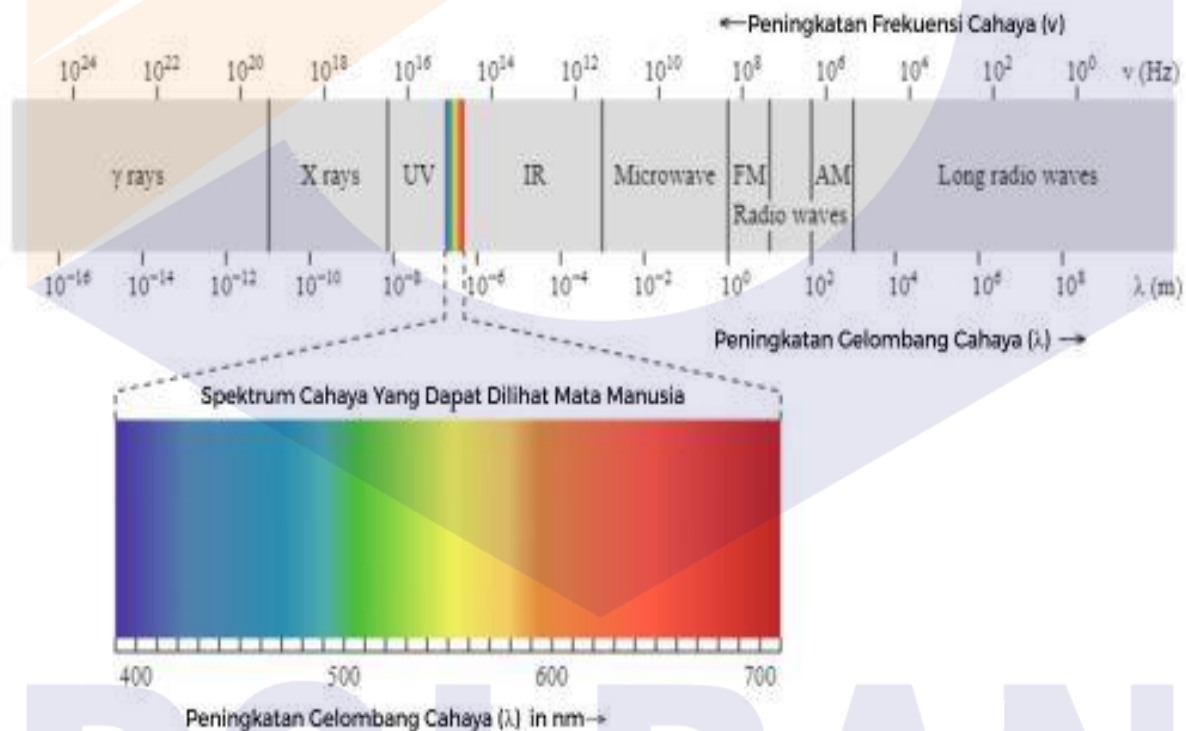
Cahaya merupakan sebuah jenis **gelombang elektromagnetik**. Karena cahaya merupakan sebuah gelombang, maka cahaya juga memiliki frekuensi. Frekuensi ini disebut dengan frekuensi cahaya.

Ada 2 jenis frekuensi pada lampu.

1. **Frekuensi listrik**
2. Frekuensi cahaya

**Frekuensi Cahaya yang Dapat Dilihat Mata Sangat Terbatas**

Namun ternyata tidak semua **cahaya dapat dilihat** oleh mata manusia. Cahaya yang dapat dilihat manusia hanya ada di frekuensi cahaya tertentu aja.

Gambar spektrum cahaya

Spektrum cahaya yang bisa dilihat oleh mata manusia sangat terbatas dan dilihat sebagai warna-warni cahaya.

Hanya spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang dari 400 – 700 nanometer atau antara sinar inframerah dan ultraviolet saja yang dapat dilihat oleh mata manusia.

Lalu bagaimana dengan sisa cahaya yang tidak dapat dilihat oleh mata manusia? Cahaya tersebut dikategorikan sebagai **radiasi** elektromagnetik yang diantaranya kita kenal sebagai cahaya merah (infrafred), sinar ultraviolet, gelombang radio, gelombang mikro, Sinar X, dan sinar gamma.

Warna cahaya disebabkan oleh beda panjang gelombang cahaya itu sendiri. Spektrum gelombang cahaya yang bisa kita lihat terdiri dari berbagai warna, seperti yang bisa kita lihat pada gambar di spektrum cahaya di atas. Warna putih adalah campuran dari berbagai macam warna. Fenomena pelangi bisa menjadi salah satubukti bahwa cahaya putih adalah campuran dari berbagai macam warna. Pelangi terjadi karena cahaya putih mengenai atau melewati tetes-tetes air yang membuat gelombang cahaya tampak terpisah-pisah menjadi warna pelangi.

Warna Putih Tidak Ada di Spektrum Cahaya, mengapa Ada Lampu yang Menghasilkan Warna Putih? ternyata ada suatu istilah yang dikenal dengan nama suhu warna / color temperature. Color temperature adalah cara mengukur warna putih dari suatu sumber cahaya, salah satunya adalah lampu. Setiap lampu dibuat dengan beberapa color temperature tertentu yang disesuaikan dengan tujuan pemakaianya. Color temperature ini memakai satuan Kelvin (K).

- Jika nilai color temperature semakin kecil, maka warna lampu yang dihasilkan akan semakin merah kekuning-kuningan
- Jika semakin besar color temperature, warna lampu yang dihasilkan semakin putih kebiru-biruan

| TEMPERATUR | SUMBER CAHAYA |
|---|---|
| 1700 K | Api pada korek api, lampu natrium bertekanan rendah (LPS/SOX) |
| 1850 K | Api pada lilin, matahari terbit/terbenam |
| 2400 K | Lampu bohlam standard |
| 2550 K | Lampu bohlam soft white |
| 2700 K | Lampu neon soft white dan lampu LED |
| 3000 K | Lampu neon warm white dan lampu LED |
| 3200 K | Lampu studio |
| 3350 K | Lampu studio "CP" |
| 5000 K | Langit di cakrawala |
| 5000 K | Lampu neon cool white/daylight |
| 5500 - 6000 K | Langit pada saat tengah hari, lampu blitz |
| 6200 K | Lampu Xenon |
| 6500 K | Siang hari berawan/mendung |
| 6500 - 9500 K | Monitor LCD atau CRT |
| 15.000 - 27.000 K | Langit biru |

Color temperature terhadap warna lampu dan warna cahaya

### 3.6 Gradasi Warna Lampu

Untuk warna lampu, color temperature biasanya terbagi menjadi tiga, yaitu :

1. Warm white (2000K –3000K)
2. Cool white(3100-4500K)
3. Daylight (4600-6500K)

**Warna lampu lebih kuning** (color temperature yang rendah) biasanya digunakan pada area publik, kamar mandi, ruang keluarga, atau ruang makan untuk **menunjukkan rasa santai** atau relax.

Sedangkan warna lampu yang lebih putih (color temperature yang lebih tinggi) digunakan untuk membantu **meningkatkan konsentrasi** sehingga lebih banyak digunakan untuk perkantoran atau sekolah.

Jadi untuk mengubah suasana ruangan dengan cepat salah satunya adalah dengan cara mengubah color temperature / warna lampu yang digunakan.

Ruangan yang sama dengan color temperature berbeda dapat mengubah suasana

| Color Temperature (Kelvin | 2000K - 3000K | 3100K - 4500K | 4600K - 6500K |
| --- | --- | --- | --- |
| Penamaan Warna | Warm White | Cool White | Day Light |
| Memberikan Suasana | Nyaman, Tenang, Mengundang, Intim | Terang, Bersemangat | Menyegarkan |
| Aplikasi Terbaik Untuk | Lampu Gantung, Lampu dinding, Restoran/ Café, Perumahan, Lampu Meja/ Lantai | Ruang Bawah Tanah, Garasi, Ruang Kerja, Lampu Kerja | Area Pameran, Lampu Keamanan, Garasi, Lampu Kerja |

PENGGUNAAN LAMPU BERDASARKAN COLOR TEMPERATURE

Sistem pencahayaan gabungan dianjurkan digunakan untuk :

1. Tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi.
2. Memperlihatkan bentuk dan tekstur yang memerlukan cahaya datang dari arah tertentu.
3. Pencahayaan merata terhalang, sehingga tidak dapat sampai pada tempat yang terhalang tersebut.
4. Tingkat pencahayaan yang lebih tinggi diperlukan untuk orang tua atau yang kemampuan penglihatannya sudah berkurang.

### 3.5 Estimasi Kebutuhan Penerangan Gedung

Estimasi besaran penerangan listrik gedung perlu difahami, khususnya untuk estimasi perhitungan daya listrik pada suatu bangunan gedung.

- Gedung / kantor: 20 –40 watts / m2
- Perumahan : 10 –20 watts / m2
- Hotel: 10 –30 watts / m2
- Gedung sekolah : 15 –30 watts / m2
- Rumah sakit: 10 –30 watts / m2

**Perhitungan "penerangan umum"pada Ruangan**

a. Yang dimaksud dgn "penerangan umum" ( general lighting) adalah penerangan standar dengan lampu menempel plafond pada suatu ruangan, serta kondisi dinding dan plafond dgn warna cerah.

b. Pada intinya, untuk menghitung "penerangan umum", harus diketahui ;

   1). Fungsi ruangan yg akan diberi penerangan,

   2). Luas Ruangan, dan

   3). Jenis lampu yang akan dipasang

c. Berbeda dgn Special lighting(penerangan efek khusus) yang memang sengaja dibuat untuk menampilkan kesan dan effek yang khusus.

**Rumus jumlah lampu :**

N = jumlah lampu pada suatu luas ruang

E = Kuat terang yang dibutuhkan pad suatu fungsi ruang (lux)….. tabel

A = Luas ruang

O = Kuat cahaya suatu jenis lampu (lumen) ….tabel

LLF= Light Loss Factor, faktor daya yg berkurang akibat kualitas alat ; 0,7 –0,8

CU = Coefficient of Utilization ; Daya Terang Lampu, tergantung warna bidang pembatas ruang, 50-60%

**Contoh perhitungan**

Suatu ruang kantor dengan luas 9 x 18 m2 akan dipasang lampu TL 2x40 watt. Hitung jumlah lampu yg dibutuhkan.

Ruang kantor …….kuat terang (tabel)= 300 lux

Lampu TL, (tabel)70 lumen perwatt, maka lampu TL 2x40 watt = 2x40x70 = 5600 lumen

CU = 60%, LLF = 0.8

Maka N = 300 x 9x18/ 5600x0.6x0.8 = 18 unit.

Kebutuhan daya penerangan pada ruang tsb =

2x50x18 = 1800 watt + daya stopkontak 20%

**AVERAGE LUX LEVEL**

| FUNGSI RUANG | LUX |
|---|---|
| Typical office floor | 300-550 |
| Executive office | 300-550 |
| Corridoor, stairways, toilets | 100 |
| Mech, equipment room | 300-400 |
| Hall, lobby | 200-300 |
| Electrical rooms | 400-500 |
| Parking area | 100 |

**TINGKAT TERANG LAMPU**

| JENIS LAMPU | LUMEN / WATT |
|---|---|
| Lampu pijar | 11 – 18 |
| TL - neon | 50 – 80 |
| halogen | 16 – 20 |
| mercury | 30 – 60 |
| sodium | 120 – 140 |
| halide | 80 – 100 |
| | 89 |

### 3.8 Jenis-Jenis Lampu Penerangan

Berbicara soal system pencahayaan pada bangunan tidak bisa dipisahkan dengan jenis penerangan yang biasa digunakan pada sebuah bangunan, berikut adalah macam-macam jenis-jenis alat penerangan yang biasa digunakan dalam bangunan:

#### 1. Lampu Pijar (GLS)

Lampu pijar menghasilkan cahayanya dengan pemanasan listrik dari kawat filamennya pada temperatur yang tinggi. Temperatur ini memberi radiasi dalam daerah tampak dari spektrum radiasi yang dihasilkan. Komponen utama lampu pijar terdiri dari :

- **Filamen**

Makin tinggi temperatur filamen, makin besar energi yang jatuh pada spectrum radiasi tampak dan makin besar efikasi dari lampu. Pada saat ini jenis filament yang dipakai adalah tungsten.

- **Bola lampu**

Filamen suatu lampu pijar ditutup rapat dengan selubung gelas yang dinamakan bola lampu. Bentuk bola lampu bermacam-macam dan juga warna gelasnya. Bentuk bola (bentuk A), jamur (bentuk E), bentuk lilin dan lustre dengan bola lampu bening, susu atau buram dan dengan warna merah, hijau, biru atau kuning

- **Gas pengisi**

Penguapan filamen dikurangi dengan diisinya bola lampu dengan gas inert. Gas yang umumnya dipakai adalah Nitrogen dan Argon.

- **Kaki lampu**

Untuk pemakaian umum, tersedia dua jenis yaitu : kaki lampu berulir dan kaki lampu bayonet, yang diindentifikasikan dengan huruf E (edison) dan B (Bayonet), selanjutnya diikuti dengan angka yang menyatakan diameter kaki lampu dalam milimeter (E27, E14dan lain-lain). Bahan kaki lampu dari alumunium atau kuningan.

Lampu pijar bertindak sebagai 'badan abu-abu' yang secara selektif memancarkan radiasi, dan hampir seluruhnya terjadi pada daerah nampak. Bola lampu terdiri dari hampa udara atau berisi gas, yang dapat menghentikan oksidasi dari kawat pijar tungsten, namun tidak akan menghentikan penguapan. Warna gelap bola lampu dikarenakan tungsten yang teruapkan mengembun pada permukaan lampu yang relatif dingin. Dengan adanya gas inert, akan menekan terjadinya penguapan, dan semakin besar berat molekulnya akan makin mudah menekan terjadinya penguapan. Untuk lampu biasa dengan harga yang murah, digunakan campuran argon nitrogen dengan perbandingan 9/1. Kripton atau Xenon hanya digunakan dalam penerapan khusus seperti lampu sepeda dimana bola lampunya berukuran kecil, untuk mengimbangi kenaikan harga, dan jika penampilan merupakan hal yang penting.

Gas yang terdapat dalam bola pijar dapat menyalurkan panas dari kawat pijar, sehingga daya hantar yang rendah menjadi penting. Lampu yang berisi gas biasanya memadukan sekering dalam kawat timah. Gangguan kecil dapat menyebabkan pemutusan arus listrik, yang dapat menarik arus yang sangat tinggi. Jika patahnya kawat pijar merupakan akhir dari umur lampu, tetapi untuk kerusakan sekering tidak begitu halnya.

Ciri-ciri :

a. Efficacy (12 lumens/Watt)

b. Indeks Perubahan Warna (1A)

c. Suhu Warna - Hangat (2.500K – 2.700K)

d. Umur Lampu (1-2.000 jam)

### 2. Lampu Tungsten—Halogen

Lampu halogen adalah sejenis lampu pijar. Lampu ini memiliki kawat pijar tungsten seperti lampu pijar biasa yang digunakan di rumah, tetapi bola lampunya diisi dengan gas halogen. Atom tungsten menguap dari kawat pijar panas dan bergerak naik ke dinding pendingin bola lampu. Atom tungsten, oksigen dan halogen bergabung pada dinding bola lampu membentuk molekul oksihalida tungsten. Suhu dinding bola lampu menjaga molekul oksihalida tungsten dalam keadaan uap. Molekul bergerak kearah kawat pijar panas dimana suhu tinggi memecahnya menjadi terpisah-pisah. Atom tungsten disimpan kembali pada daerah pendinginan dari kawat pijar – bukan ditempat yang sama dimana atom diuapkan. Pemecahan biasanya terjadi dekat sambungan antara kawat pijar tungsten dan kawat timah molibdenum dimana suhu turun secara tajam.

Ciri-ciri:

a. Efficacy (18 lumens/Watt)
b. Indeks Perubahan Warna (1A)
c. Suhu Warna – Hangat (3.000K-3.200K)
d. Umur Lampu (2-4.000 jam)

Kelebihan:

a. Lebih kompak
b. Umur lebih panjang
c. Lebih banyak cahaya
d. Cahaya lebih putih (suhu warna lebih tinggi)

Kekurangan

a. Lebih mahal
b. IR meningkat
c. UV meningkat
d. Masalah handling

### 3. Lampu Neon

Lampu neon, 3 hingga 5 kali lebih efisien dari pada lampu pijar standar dan dapat bertahan 10 hingga 20 kali lebih awet. Dengan melewatkan listrik melalui uap gas atau logam

akan menyebabkan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan komposisi kimia dan tekanan gasnya. Tabung neon memiliki uap merkuri bertekanan rendah, dan akan memancarkan sejumlah kecil radiasi biru/ hijau, namun kebanyakan akan berupa UV pad 253,7nm dan 185nm.

Bagian dalam dinding kaca memiliki pelapis tipis fospor, hal ini dipilih untuk menyerap radiasi UV dan meneruskannya ke daerah nampak. Proses ini memiliki efisiensi sekitar 50%. Tabung neon merupakan lampu ‘katode panas’, sebab katode dipanaskan sebagai bagian dari proses awal. Katodenya berupa kawat pijar tungsten dengan sebuah lapisan barium karbonat. Jika dipanaskan, lapisan ini akan mengeluarkan elektron tambahan untuk membantu pelepasan. Lapisan ini tidak boleh diberi pemanasan berlebih sebab umur lampu akan berkurang. Lampu menggunakan kaca soda kapur yang merupakan pemancar UV yang buruk. Jumlah merkurinya sangat kecil, biasanya 12 mg. Lampu yang terbaru menggunakan amalgam merkuri, yang kandungannya sekitar 5 mg. Hal ini memungkinkan tekanan merkuri optimum berada pada kisaran suhu yang lebih luas. Lampu ini sangat berguna bagi pencahayaan luar ruangan karena memiliki fitting yang kompak.

**Pengaruh suhu**

Operasi lampu yang paling efisien dicapai bila suhu ambien berada antara 20 dan 30°C untuk lampu neon. Suhu yang lebih rendah menyebabkan penurunan tekanan merkuri, yang berarti bahwa energi UV yang diproduksi menjadi semakin sedikit; oleh karena itu, lebih sedikit energy UV yang berlaku sebagai fospor sehingga sebagai hasilnya cahaya yang dihasilkan menjadi sedikit. Suhu yang tinggi menyebabkan pergeseran dalam panjang gelombang UV yang dihasilkan sehingga akan lebih dekat ke spektrum tampak. Makin panjang panjang gelombang UV akan makin sedikit pengaruhnya terhadap fospor, dan oleh karena itu keluaran cahaya pun akan berkurang. Pengaruh keseluruhannya adalah bahwa keluaran cahayanya jatuh diatas dan dibawah kisaran suhu ambien yang optimal.

**Ciri-ciri**

a. Halofosfat

- Efficacy (80 lumens/Watt (gir HF menaikan nilai ini sebesar 10%))
- Indeks Perubahan Warna (2-3)
- Suhu Warna (apa saja)

- Umur Lampu (7-15.000 jam)

b. Tri-fosfor

- Efficacy (90 lumens/Watt)
- Indeks Perubahan Warna (1A-1B)
- Suhu Warna (apa saja)
- Umur Lampu (7-15.000 jam)

Lampu neon kompak yang tersedia saat ini membuka seluruh pasar bagi lampu neon. Lampu-lampu ini dirancang dengan bentuk yang lebih kecil yang dapat bersaing dengan lampu pijar dan uap merkuri di pasaran lampu dan memiliki bentuk bulat atau segi empat. Produk di pasaran tersedia dengan gir pengontrol yang sudah terpasang (GFG) atau terpisah (CFN).

Ciri-ciri:

- Efficacy (60 lumens/Watt)
- Indeks Perubahan Warna (1B)
- Suhu Warna (Hangat, Menengah)
- Umur Lampu (7-10.000 jam)

**4. Lampu Sodium**

**a. Lampu Sodium Tekanan Tinggi**

Lampu sodium tekanan tinggi (HPS) banyak digunakan untuk penerapan di luar ruangan dan industri. Efficacy nya yang tinggi membuatnya menjadi pilihan yang lebih baik daripada metal halida, terutama bila perubahan warna yang baik bukan menjadi prioritas. Lampu HPS berbeda dari lampu merkuri dan metal halida karena tidak memiliki starter elektroda; sirkuit balas dan starter elektronik tegangan tinggi. Tabung pemancar listrik terbuat dari bahan keramik, yang dapat menahan suhu hingga 2372F.

Didalamnya diisi dengan xenon untuk membantu menyalakan pemancar listrik, juga campuran gas sodium – merkuri.

**Ciri-ciri**

- Efficacy (50 - 90 lumens/Watt)
- Indeks Perubahan Warna (1 – 2)
- Suhu Warna (Hangat)

- Umur Lampu (24.000 jam, perawatan lumen yang luar biasa)
- Pemanasan (10 menit), pencapaian panas (dalam waktu 60 detik)
- Mengoperasikan sodium pada suhu dan tekanan yang lebih tinggi menjadikan sangat reaktif.
- Mengandung 1-6 mg sodium dan 20 mg merkuri
- Gas pengisinya adalah Xenon. Dengan meningkatkan jumlah gas akan menurunkan merkuri, namun membuat lampu jadi sulit dinyalakan.
- Arc tube (tabung pemacar cahaya) didalam bola lampu mempunyai lapisan pendifusi untuk mengurangi silau.
- Makin tinggi tekanannya, panjang gelombangnya lebih luas, dan CRI nya lebih baik, efficacy nya lebih rendah.

**b. Lampu Sodium Tekanan Rendah**

Walaupun lampu sodium tekanan rendah (LPS) serupa dengan sistim neon (sebab keduanya menggunakan sistim tekanan rendah), mereka umumnya dimasukkan kedalam keluarga HID. Lampu LPS adalah sumber cahaya yang paling sukses, namun produksi semua jenis lampunya berkualitas sangat jelek. Sebagai sumber cahaya monokromatis, semua warna nampak hitam, putih, atau berbayang abu-abu. Lampu LPS tersedia dalam kisaran 18-180 watt. Penggunaan lampu LPS umumnya hanya untuk penggunaan luar ruang seperti penerangan keamanan atau jalanan dan jalan dalam gedung, penggunaan watt nya rendah dimana kualitas warnanya tidak penting (seperti ruangan tangga). Walau demikian, karena perubahan warnanya sangat buruk, beberapa daerah tidak mengijinkan penggunaan lampu tersebut untuk penerangan jalan raya.

**Ciri-ciri**

- Efficacy (100 – 200 lumens/Watt)
- Indeks Perubahan Warna (3)
- Suhu Warna (Kuning (2.200K))
- Umur Lampu (16.000 jam)
- Pemanasan (10 menit), pencapaian panas (sampai 3 Menit)

## 5. Lampu Uap Merkuri

Lampu uap merkuri merupakan model tertua lampu HID. Walaupun mereka memiliki umur yang panjang dan biaya awal yang rendah, lampu ini memiliki efficacy yang buruk (30 hingga 65 lumens per watt, tidak termasuk kerugian balas) dan memancarkan warna hijau pucat. Isu paling penting tentang lampu uap merkuri adalah bagaimana caranya supaya digunakan jenis sumber HID atau neon lainnya yang memiliki efficacy dan perubahan warna yang lebih baik. Lampu uap merkuri yang bening, yang menghasilkan cahaya biru-hijau, terdiri dari tabung pemancar uap merkuri dengan elektroda tungsten di kedua ujungnya. Lampu tersebut memiliki efficacy terendah dari keluarga HID, penurunan lumen yang cepat, dan indeks perubahan warna yang rendah. Disebabkan karakteristik tersebut, lampu jenis HID yang lain telah menggantikan lampu uap merkuri dalam banyak penggunaannya. Walau begitu, lampu uap merkuri masih merupakan sumber yang populer untuk penerangan taman sebab umur lampunya yang mencapai 24.000 jam dan bayangan taman yang hijaunya terlihat seperti gambaran hidup. Pemancar disimpan di bagian dalam bola lampu yang disebut tabung pemancar. Tabung pemancar diisi dengan gas merkuri dan argon murni. Tabung pemancar tertutup di dalam bola lampu yang berada diluarnya, yang diisi dengan nitrogen.

**Ciri-ciri**

- Efficacy (50 - 60 lumens/Watt)
- Indeks Perubahan Warna (3)
- Suhu Warna (Menengah)
- Umur Lampu (16.000 – 24.000 jam)
- Gir pengendali alat elektroda ketiga lebih sederhana dan lebih mudah dibuat. Beberapa negara telah menggunakan MBF untuk penerangan jalan dimana lampu kuning SOX dianggap tidak pantas.
- Tabung pemancar mengandung 100 mg gas merkuri dan argon.
- Pembungkusnya adalah pasir kwarsa.
- Tidak terdapat pemanas awal katoda, elektroda ketiga dengan celah yang lebih pendek untuk memulai pelepasan
- Bola lampu bagian luar dilapisi fospor. Hal ini akan memberi cahaya merah tambahan dengan menggunakan UV, untuk mengkoreksi bias pelepasan merkuri.
- Pembungkus kaca bagian luar mencegah lepasnya radiasi UV

**6. Lampu Kombinasi**

Lampu kombinasi kadang disebut sebagai lampu two-in-one. Lampu ini mengkombinasikan dua sumber cahaya yang tertutup dalam satu lampu yang diisi gas. Salah satu sumbernya adalah tabung pelepas merkuri kuarsa (seperti sebuah lampu merkuri) dan sumber lainnya adalah kawat pijar tungsten yang disambungkan secara seri. Kawat pijar ini bertindak sebagai balas untuk tabung pelepasan yang menstabilkan arus, jadi tidak diperlukan balas yang lain.

Kawat pijar tungsten digulung dengan susunan melingkar pada tabung pelepasan dan dihubungkan dalam susunan seri. Lapisan bubuk fluorescent diletakkan ke bagian dalam dinding lampu untuk mengubah sinar UV yang dipancarkan dari tabung pelepas ke cahaya nampak. Pada penyalaan, lampu hanya memancarkan cahaya dari kawat pijar tungsten, dan selama perjalanan sekitar 3 menit, pemancar didalam tabung pelepas melesat mencapai keluaran cahaya penuh. Lampu ini cocok untuk area anti nyala dan dapat disesuaikan dengan perlengkapan lampu pijar tanpa modifikasi.

**Ciri-ciri**

- Nilainya biasanya 160 W
- Efficacy 20 hingga 30 Lm/W
- Faktor daya tinggi 0,95
- Umur 8000 jam

**7. Lampu Metal Halida**

Halida bertindak sama halnya dengan siklus halogen tungsten. Manakala suhu bertambah maka terjadi pemecahan senyawa halida melepaskan logam ke pemancar. Halida mencegah dinding kuarsa diserang oleh logam-logam alkali.

**Ciri-ciri**

- Efficacy (80 lumens/Watt)
- Indeks Perubahan Warna (1A – 2) tergantung pada campuran halide
- Suhu Warna (3.000K – 6.000K)
- Umur Lampu (6.000 – 20.000 jam)
- Pemanasan (2-3 menit), pencapaian panas (dalam waktu 10-20 menit)

- Pemilihan warna, ukuran, dan nilainya lebih besar untuk MBI daripada jenis lampu lainnya. Jenis ini merupakan versi yang dikembangkan dari dua lampu pelepas dengan intensitas tinggi, dan cenderung memiliki efficacy yang lebih baik
- Dengan menambahkan logam lain ke merkuri, spektrum yang berbeda dapat dipancarkan
- Beberapa lampu SBI menggunakan elektroda ketiga untuk memulai penyalaan, namun untuk yang lainnya, terutama lampu peraga yang lebih kecil, memerlukan denyut penyalaan tegangan tinggi

**8. Lampu LED**

Lampu LED merupakan lampu terbaru yang merupakan sumber cahaya yang efisien energinya. Ketika lampu LED memancarkan cahaya nampak pada gelombang spektrum yang sangat sempit, mereka dapat memproduksi "cahaya putih". Hal ini sesuai dengan kesatuan susunan merah-biru hijau atau lampu LED biru berlapis fospor. Lampu LED bertahan dari 40.000 hingga 100.000 jam tergantung pada warna. Lampu LED digunakan untuk banyak penerapan pencahayaan seperti tanda keluar, sinyal lalu lintas, cahaya dibawah lemari, dan berbagai penerapan dekoratif.

Walaupun masih dalam masa perkembangan, teknologi lampu LED sangat cepat mengalami kemajuan dan menjanjikan untuk masa depan. Pada cahaya sinyal lalu lintas, pasar yang kuat untuk LED, sinyal lalu lintas warna merah menggunakan lampu 10W yang setara dengan 196 LEDs, menggantikan lampu pijar yang menggunakan 150W. Berbagai perkiraan potensi penghematan energi berkisar dari 82% hingga 93%. Produk pengganti LED, diproduksi dalam berbagai bentuk termasuk batang ringan, panel dan sekrup dalam lampu LED, biasanya memiliki kekuatan 2-5W masing-masing, memberikan penghematan yang cukup berarti dibanding lampu pijar dengan bonus keuntungan masa pakai yang lebih lama, yang pada gilirannya mengurangi perawatan.

## DAFTAR PUSTAKA


Walter T. Grondzik, Alison G. Kwok, Benjamin Stein, John S. Reynolds . ***Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*** *11th Edition*

Jimmy S. Juwana. ***Panduan Sistem Bangunan Tinggi***. Penerbit Erlangga

S-Gala.com, ***Banyaknya Warna Lampu Ternyata Disebabkan Oleh Frekuensi Cahaya,*** Tanggal June 13, 2020

Tjahyani Busono. ***Utilitas Bangunan***. Adoc.pub/utilitas bangunan-tjahyani-busono.html.